



**You have downloaded a document from
RE-BUS
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Mofrometriceskie osobennosti pesery Zoluska (Zapadnaa Ukraina)

Author: Viaceslav Andrejcuk

Citation style: Andrejcuk Viaceslav. (2008). Mofrometriceskie osobennosti pesery Zoluska (Zapadnaa Ukraina). "Geographia. Studia et Dissertationes" (T. 30 (2008), s. 7-27).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

ВЯЧЕСЛАВ АНДРЕЙЧУК*

Морфометрические особенности пещеры Золушка (Западная Украина)

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются морфометрические параметры крупной лабиринтовой пещеры — Золушки (Западная Украина). Показаны ее главные морфологические особенности, охарактеризованы основные морфометрические показатели пещеры в целом, а также их порайонные вариации. Отмечена связь размерных характеристик отдельных районов со структурными и гидродинамическими предпосылками спелеоморфогенеза.

ВВЕДЕНИЕ

12 марта 2006 года исполнилось 30 лет с момента открытия одной из крупнейших гипсовых пещер мира — Золушки. К настоящему времени в ней закартировано более 90 км ходов, общим объемом 0,7 млн. м³. Главная особенность пещеры заключается в том, что она вскрыта искусственно (карьером) и стала доступной лишь в связи с осушением гипсов откачкой карстовых вод. Карьер вскрыл весьма обильный горизонт подземных вод — крупный карстовый коллектор. Этапное углубление карьера приводило к усилению водопритока и увеличению объема откачиваемых вод. С конца 60-х годов, когда был нарезан последний, третий уступ и гипсовый слой был вскрыт на большую часть (18—20 м) своей мощности (24—26 м), карстовый лабиринт оказался обезвожен. Подземные воды, фиксирующие поверхность депрессионной воронки, сохранились только в наиболее низких его частях. Пещерный коллектор стал доступен для обследования.

* Силезский университет, Факультет наук о Земле, ул. Бендзинска 60, 41-200 Сосновец, Польша.

С самого начала стало ясно, что открыт новый, интереснейший с научной точки зрения объект, предоставляющий уникальную возможность для проведения разносторонних исследований. Со многими явлениями и процессами, наблюдаемыми в пещере, спелеологи столкнулись впервые. Морфологические особенности пещеры, например, крупные цилиндрические колодцы, образованные напорными водами, послужили несомненным доказательством напорно-фреатического происхождения лабиринта и сыграли важную роль в установлении закономерностей развития карста в регионе (Андрейчук, 1986, 1988; Климчук, Андрейчук, 1988), а также в становлении новой региональной концепции спелеогенеза (Климчук, Андрейчук, 1988; Климчук, 1990; Климчук, Шестопалов, 1990). Широкое распространение в пещере железо-марганцевых отложений привлекло внимание геохимиков и позволило расшифровать многие геохимические процессы, происходившие в пещере при ее осушении. Пещера предоставила уникальную возможность для изучения механизма образования провалов, что весьма существенно для оценки карстовой опасности (Андрейчук, 1999). Распространенные в ней в большом количестве карбонатные кулисы — литифицированный заполнитель древних трещин в гипсах — позволяют осуществить важные палеогеографические, палеотектонические и палеокарстовые реконструкции.

Одной из наиболее интересных особенностей пещеры является ее морфологическое строение. Оно отражает генезис пещеры и определяет (или влияет) на многие другие ее особенности — микроклимат, отложения, деформирование сводов и т.д. Существенной же характеристикой морфологии пещеры являются ее размерные характеристики.

Статья посвящена рассмотрению морфометрических особенностей пещеры. Ее целью, с одной стороны, является морфо-параметрический анализ лабиринта, с другой — представление методики морфометрического анализа пещер-лабиринтов сетчатого типа.

ОБЩИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕЩЕРЫ И ФАКТОРЫ МОРФОГЕНЕЗА

Сеть ходов пещеры

В морфологическом отношении пещера представляет собой лабиринт, состоящий из сети ходов (рис. 1). В строении рисунка сети обнаруживается ряд закономерностей.

1. Закономерная ориентация составляющих ее элементов, позволяющая характеризовать ее, в значительной степени, как «регулярную», «решетчатую», «системную» и т.д.

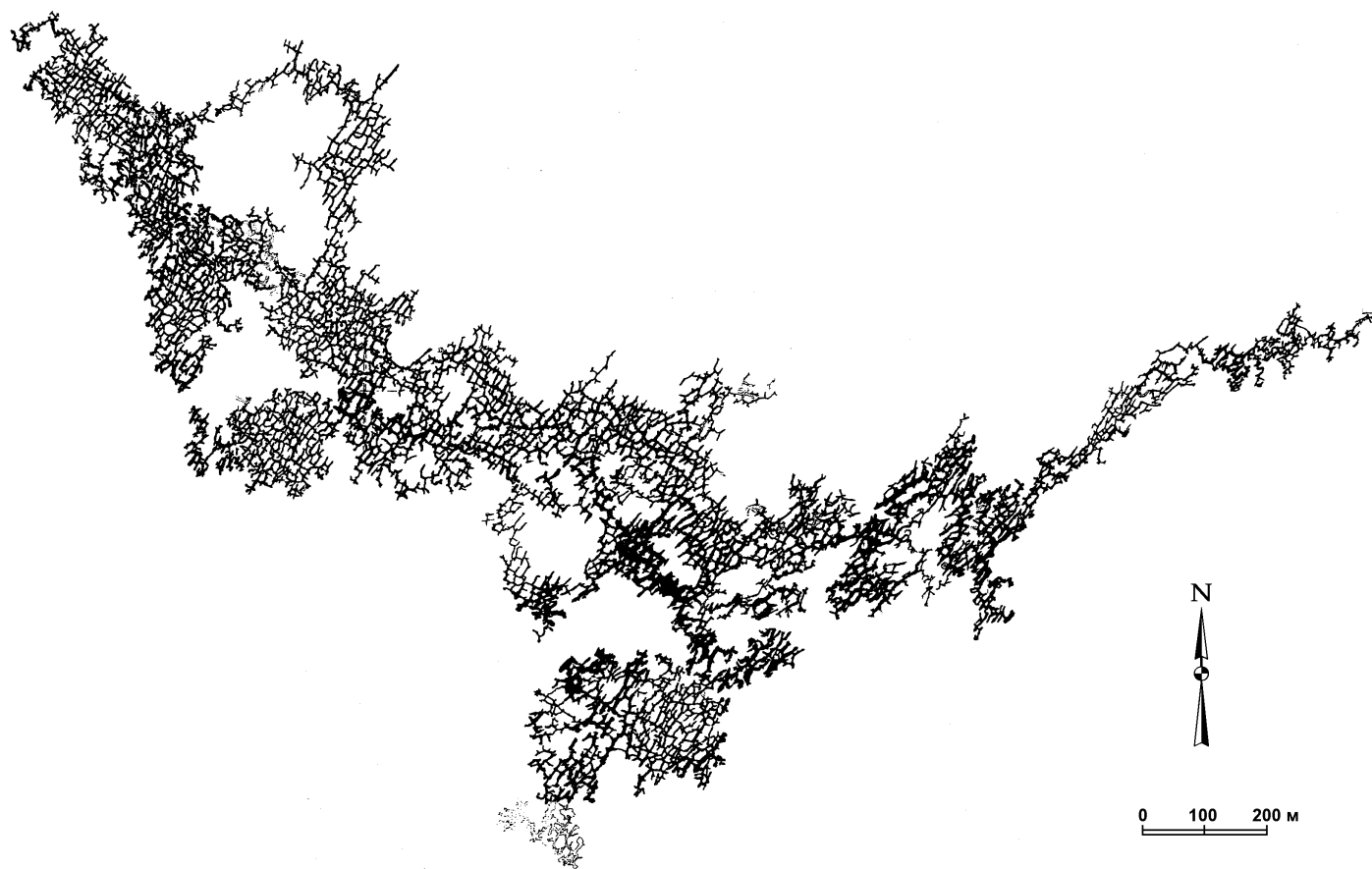


Рис. 1. План пещеры Золушка (топосъемка Черновицкого спелеоклуба)

Rys. 1. Plan jaskini Zoluszka (wg pomiarów Speleoklubu Czerniowieckiego)

Выраженная системность пещерной сети однозначно указывает на определенную структурную предпосылку ее формирования. В качестве таковой большинство исследователей карста региона считает тектоническую трещиноватость гипсов, в которых развита пещера. Исследования, проведенные в последние 10—15 лет на сетях подольских пещер показывают, что вопрос о структурной предпосылке спелеоморфогенеза не может быть решен однозначно тектонически. Следует принимать во внимание также иные важные факторы, такие как наличие в породах трещин иного (чем тектонические) происхождения (литогенетических).

2. Латеральная неоднородность пещерной сети

Сеть ходов пещеры в целом весьма неоднородна, внешний контур пещерного поля очень извилистый. В пределах поля пещеры сильно закарстованные участки (пещерные районы) чередуются со слабозакарстованными или незакарстованными (межрайонные «целики»), площадь которых соразмерна или несколько уступает площади пещерных районов. Интенсивно закарстованные сетевые участки, в свою очередь, различаются по плотности, ориентации и величине образующих их ходов.

3. Внутрирайонная однородность сетей

В пределах закарстованных участков (внутри пещерных районов) сеть ходов характеризуется сравнительной равномерностью в отношении плотности закарстования, ориентации и размеров ходов, а также их морфологического облика, например сечений ходов. Это обстоятельство может свидетельствовать о гомогенном характере внутрирайонных структурных предпосылок или гидродинамических условий их «проявления».

Морфологические элементы пещерной сети

Пещерное пространство лабиринта образуют морфологические элементы нескольких размерных уровней: макро-, мезо-, микро- и нано. Разделение это имеет, в значительной мере, условный характер. Оно имеет своей целью, прежде всего, упорядочение фактов, однако не лишено классификационного смысла, поскольку за каждым из морфологических уровней стоит определенный фактор-предпосылка или их определенные сочетания (табл. 1).

Элементы макроуровня. К элементам макроуровня в пространстве пещеры могут быть отнесены, прежде всего, пещерные районы, обладающие относительной морфолого-морфометрической самостоятельностью (рис. 1, а также рис. 2). Среди районов отчетливо различимы менее закарстованные,

№	Уровни спелеоформ	Факторы-предпосылки	Спелеоформы
1	Макроуровень	Структурный (нарушения, трещиноватость) и гидродинамический (гидродинамическая конкуренция)	Сетевые районы
			Колонные залы
			Каньонные залы
2	Мезоуровень		Щели, ходы, галереи, коридоры
			Пересечения ходов, заловидные расширения на пересечениях ходов
			Купольные формы, связанные с обрушением перекрывающих пород*
3	Микроуровень		Цилиндрические, спиралевидные и щелеподобные колодцы
		Структурно-текстурный (порода)	Напорные купола и камины в сводах, ниши и углубления в стенах
			Текстуропроизводные коррозионные углубления и неровности, связанные с чередованием слоев с разной структурой
4	Наноуровень	Кристалло-структурный	Всевозможные коррозионные углубления и неровности, покрывающие потолок и стены пещерных ходов

* В образовании купольных форм главная роль принадлежит гравитации, хотя места их возникновения предопределены структурно и гидродинамически.

в которых суммарная площадь целиков между ходами существенно больше площади ходов (сетевые районы), и более закарстованные, в которых площадь целиков меньше суммарной площади пустотного пространства (районы-колонные залы). В пещере преобладают сетевые районы. Колонные залы образуют или самостоятельные районы (например, район Зала Черновицких Спелеологов) или занимают значительную (часто большую) часть определенного сетевого района (залы Античный в районе Заблудших, Майский в районе Майском, Динозавра в районе Готическом). Некоторые районы, например Перспектив или Готический, по соотношению площадей пустот и целиков приближаются к переходным (от сетевых к колонным), однако при использовании 50%-го критерия (соотношения площадей пустот и целиков) все же оказываются в группе сетевых.

Площадь сетевых районов колеблется в границах 5—50 тыс. м², колонных залов 6—30 тыс. м². Площадь и объем крупнейших колонных залов пещеры составляет: Черновицких спелеологов 6 570 м² и 23 103 м³ (протяженность 172 м, ширина 60 м), Динозавра (с прилегающими галереями) — 4 636 м²

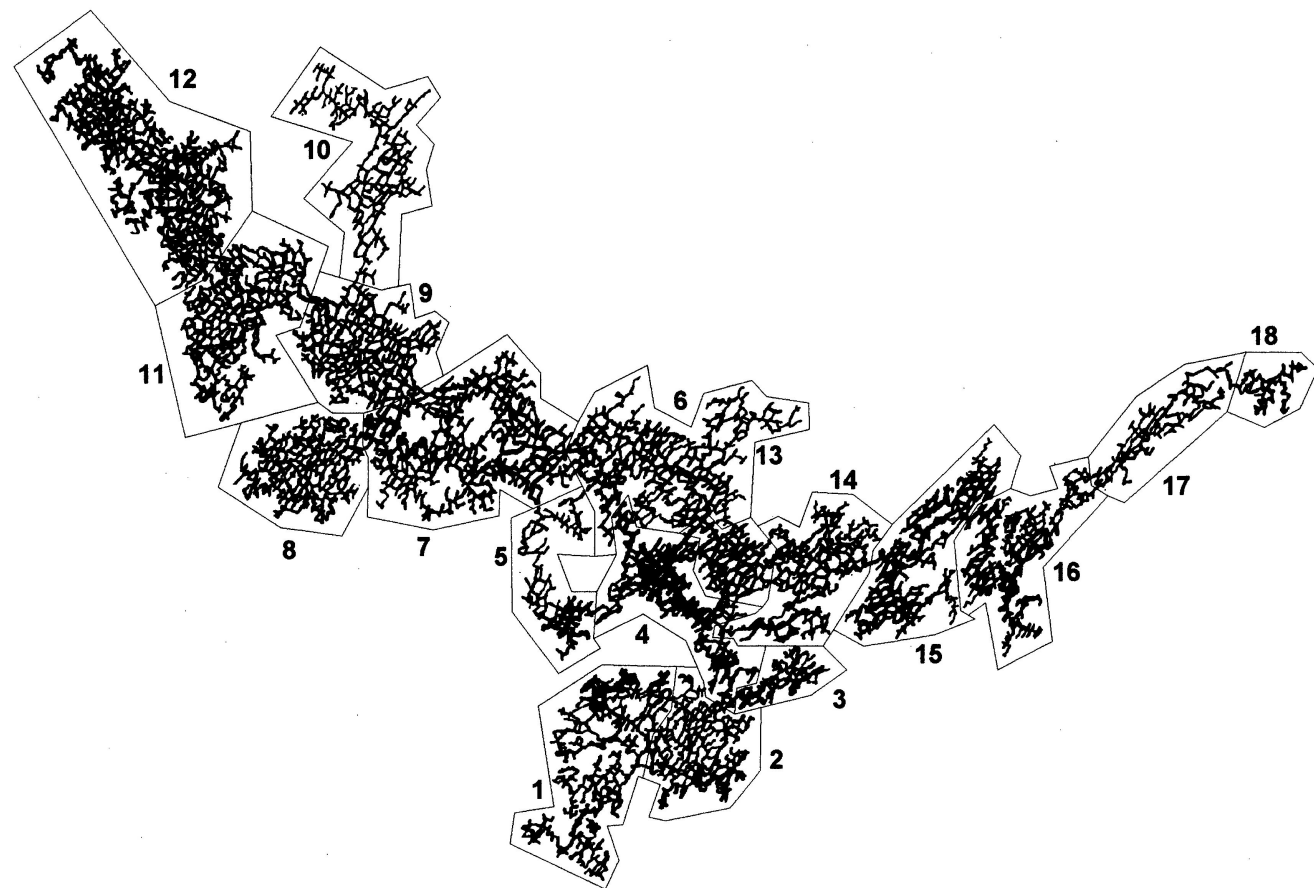


Рис. 2. Морфолого-морфометрическое районирование пещеры
 Rys. 2. Regionalizacja morfologiczno-morfometryczna jaskini

и 25 990 м³, Античного — 3 020 м² и 5 660 м³ (при длине 100 м) (А н д р е й - ч у к, К о р ж и к, 1984).

По форме среди пещерных районов преобладают изометрично развитые, особенно в центральной и западной частях пещеры, но в восточной части преобладают вытянутые, ориентированные.

Элементы мезоуровня. Это, прежде всего, *горизонтально* развитые хода и их пересечения («узлы»), а также *вертикально* развитые купола обрушения в сводах и колодцеподобные формы в днищах ходов.

Элементы микро- и наноуровня. В развитии морфоэлементов макро- и мезоуровня решающую роль сыграли структурные (разломы и трещины) предпосылки, а также специфические условия циркуляции подземных вод. Коррозионные формы низших уровней — микро- и наноуровня — имеют наложенный (на мезоэлементы) характер и обязаны своим формированием свойствам карстующихся пород (структура, текстура, включения) и условиям воздействия на них подземных вод (местный напор, стратификация, смешивание). Соотношение основных морфологических элементов пещеры с факторами-предпосылками их формирования представлено в табл. 1. К микроформам напорного генезиса можно отнести крупные одиночные или цепочечные ячеистые формы на выположенных сводах овальных галерей, а также небольшие *купола* и *камины* в сводах, нанизанные на потолочную трещину. К стенным микроформам напорно-коррозионного генезиса можно отнести ниши и овальные углубления разного размера, хаотически покрывающие (и взаимно-накладывающиеся) стены и своды ходов. В отличие от купольных форм в сводах они выражены морфологически менее ярко, главным образом, из-за отсутствия трещинной канвы, облегчающей углубление коррозионной формы под давлением.

К наноформам пещерного рельефа могут быть отнесены элементарные (наименьшие, различимые невооруженным глазом) коррозионные неровности и углубления, сплошь покрывающие гипсовые стены и своды ходов. Их «проявление» связано исключительно с действием структурного (в смысле кристаллического строения породы, состоящей из зерен различного размера) фактора.

МОРФОЛОГО-МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПЕЩЕРЫ

Сеть ходов, образующих план пещеры, неоднородна. Главная её особенность заключается в наличии сравнительно автономных участков, различающихся по плотности ходов, их ориентации, величине и морфологии и названных пещерными районами.

В Золушке, как и в других крупных пещерах Подольско-Буковинского региона, термин пещерный район приобретает весьма конкретный смысл,

отходящий от бытового понятия района пещеры (западного, восточного, дальнего и т. д.). Пещерные районы крупнейших гипсовых пещер существенно различаются в пределах каждой пещеры топографически (сетями) и физиономически (обликом). Кроме того, они часто обособляются пространственно, соединяясь, друг с другом отдельными (иногда лишь одним) ходами. Исследования в пещере Оптимистической (Климчук, Андрейчук, Турчинов, 1995), а в некоторой степени и в Золушке показывают, что функционально-генетическая специфика районов заключается в их разной функциональной роли в системе вертикальной циркуляции «питание-транзит-разгрузка» подземных вод и, соответственно, разной степени и характере проработки (закарстования). Таким образом, пещерный район — это относительно обособленный фрагмент сети пещеры, её часть, обладающая выраженной автономностью морфолого-морфометрических характеристик, обусловленных её функциональной спецификой. Выделение так понимаемых районов, т.е. районирование пещеры, приобретает смысл исследовательской процедуры, устанавливающей различия, с одной стороны, а с другой — синтезирующей данные о формировании пещеры в целом и составляющих её частей.

На основании морфолого-морфометрических критериев пещерная сеть Золушки разделена нами на 18 районов (рис. 2, табл. 2). Как было показано, предпосылки автономизации весьма сложны: она является конечным результатом длительного взаимодействия структурных условий и гидродинамических обстоятельств.

ОБЩИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Как следует из приведенного выше описания, пещерные районы характеризуются существенными морфологическими и морфометрическими различиями. Рассмотрим последние, используя для сравнения морфометрические показатели, приведенные в таблице, а также на схемах — рис. 4—6.

Морфометрические показатели

Для отображения морфометрической неоднородности пещеры для каждого из пещерных районов были рассчитаны следующие показатели.

1—2. *Средняя высота (H) и средняя ширина (B) ходов*, измеряемые в метрах. Это наиболее простые и традиционно исчисляемые параметры. Данные берутся из съёмочных журналов. В журналах отмечается максимальная, средняя и минимальная ширина и высота, для расчетов берутся усреднённые для отдельного хода (от пикета до пикета) величины.

Главные морфометрические показатели пещерных районов Золушки
 Podstawowe wskaźniki morfometryczne poszczególnych obszarów jaskiniowych Zoluszki

ТАБЛИЦА 2
 TABELA 2

Район		Средняя высота ходов H , м	Средняя ширина ходов B , м	Коэффициент изометри- чности хода (верхней части) $K_I = H/B$	Суммарная длина ходов L , м	Площадь ходов S , м ²	Объем Ходов V , м ³	Кoeffи- циент площадной закарстован- ности K_S %	Кoeffи- циент объемной закарстован- ности K_V %	Плотность ходов $G = V/S$ км ³ /км ²	Удельная площадь $Su = S/L$ м ² /м	Удельный объем $Vu = V/L$ м ³ /м
1	Привходовый	2,2	2,7	0,80	5 600,3	15 195,4	33 772,5	43,2	4,2	160	2,71	6,03
2	Заблудших	2,7	2,4	1,13	4 330,5	10 483,5	28 671,2	47,1	5,9	198	2,42	6,62
3	Перспектив	3,0	3,5	0,86	1 237,5	4 362,2	13 260,5	63,3	8,4	180	3,50	10,70
4	Зал Черновицких спелеологов	3,2	3,7	0,86	3 918,7	14 439,1	45 663,0	61,1	8,0	165	3,70	11,65
5	Майский	2,7	2,1	1,29	1 424,2	2 958,0	8 101,4	26,3	3,1	135	2,10	5,68
6	Центральный	2,9	2,6	1,11	7 879,1	20 301,0	59 700,4	43,2	5,6	168	2,58	7,58
7	Западный-Анаконда	2,8	2,8	1,02	8 905,8	24 048,6	68 331,8	43,4	5,0	161	2,70	7,67
8	Веселый	2,3	2,2	1,04	5 316,9	11 833,1	27 039,5	48,4	4,8	218	2,23	5,08
9	Голландский Сыр	2,4	2,0	1,20	3 000,0	6 000,0	14 400,0	41,5	4,3	208	2,00	4,80
10	Камикадзе	7,0	1,0	7,00	2 500,0	2 500,0	17 500,0	13,7	4,2	136	1,00	7,00
11	Геохимический	2,5	2,6	0,96	~ 5 000,0	~ 16 000,0	~ 30 000,0	~ 44,0	~ 3,6	~ 210	3,20	6,00
12	Дикий Запад*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	Метрополитен	3,7	3,7	1,00	2 337,4	8 635,7	37 556,9	72,6	13,7	195	3,70	16,10
14	Озерный	3,8	3,1	1,23	4 128,5	12 922,1	49 110,2	54,0	8,8	169	3,13	11,89
15	Готический	4,5	3,0	1,50	4 091,5	12 416,3	56 239,4	45,9	9,8	153	3,03	13,75
16	Восточный	3,6	3,1	1,16	4 769,1	14 678,3	53 100,1	60,7	9,6	210	3,10	11,10
17	Дальневосточный	3,4	2,3	1,48	2 414,0	5 616,0	19 039,2	39,1	5,8	168	2,33	7,89
18	Камчатка	2,4	2,4	1,00	1 084,4	2 638,0	6 250,7	52,8	5,2	215	2,43	5,76
		55,1/17	45,1/17	24,6/17	Σ	Σ	Σ	800,3/17	108,0/17	3049/17	45,86/17	145/17
Усредненные для пещеры в целом данные		3,24	2,65	1,45	67 937,9	185 027,3	567 736,8	47,1	6,5	179,4	2,70	8,53

* Отсутствие данных по району (не отнесен до конца).

3. Коэффициент изометричности хода K_i — отношение высоты к ширине хода. Чем ближе K_i к 1, тем изометричнее ход, т.е. меньше разница между его шириной и высотой. Если K_i уменьшается, это значит, что ход становится все более „сплюснутым” по горизонтали, если увеличивается — то „вырастает” по вертикали. Показатель K_i является весьма общей характеристикой формы ходов.

4. Коэффициент площадного закарстования — K_s . Представляет собой отношение суммарной площади ходов района (S_2), к площади его контура (S_1), выраженное в %:

$$K_s = \frac{S_2}{S_1} \cdot 100\%.$$

Район оконтуривается посредством соединения прямыми линиями окончаний пещерных ходов по периметру района (рис. 3). Собственно таким образом измерялся показатель S_1 (площадь района), используемый при расчете коэффициента площадного закарстования для того или иного района пещеры. Подобное оконтуривание предполагает появление существенных погрешностей (до 5—15%) в исчислении K_s , так как районы различаются морфологически, имеют разную плотность ходов, могут быть вытянуты, иметь далеко выступающие хода и т.д. Чем более „растрёпан” район по своей периферии, тем погрешность может быть больше: за счет присоединения белых полей между отчетливо выступающими концевками ходов показатель S_1 будет увеличиваться, а K_s , соответственно уменьшаться.



Рис. 3. Способ оконтуривания пещерного района для расчета площади его поля и объема блока

Rys. 3. Sposób wyznaczania granic jaskini w celu określenia jej powierzchni i objętości

5. Коэффициент объёмного закарстования K_v . Представляет собой отношение суммарного объёма ходов района (V_2) к объёму блока (V_1), в котором они содержатся. Объём блока V_1 исчисляется умножением оконтуренной площади района (верхняя или нижняя поверхность блока — S_1) на его высоту (H), соответствующую мощности гипсового слоя (для участка пещеры принятой равной 23 м):

$$K_v = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100\%.$$

В отличие от K_s , коэффициент объёмного закарстования более полно и объективно характеризует степень закарстования (участка, района, массива и т.д.). Часто, однако, не представляется возможным учесть все полости в измеряемом блоке, значительная их часть может быть заполнена отложениями и т.д. Поэтому, K_v часто, особенно в равнинном, платформенном карсте, отражает не реальное, а минимальное объёмное закарстование. Морфометрические параметры, принятые для подсчета K_s и K_v приведены в таблице 3.

Параметры пещерного поля и пещерного блока для расчёта K_s и K_v
Parametry pola jaskiniowego i bloku jaskiniowego dla współczynników K_s i K_v

ТАБЛИЦА 3
TABELA 3

№	Район	Площадь ходов района, S_2 , м ²	Площадь района в целом, S_1 , м ²	Объём ходов района, V_2 , м ³	Объём расчётного блока в целом, V_1 , м ³
1	Привходовый	15 195,4	35 174,5	33 772,5	804 095,2
2	Заблудших	10 483,5	22 258,0	28 671,2	485 952,5
3	Перспектив	4 362,2	6 891,3	13 260,5	157 863,1
4	Зал Черновицких Спелеологов	14 439,1	23 631,9	45 663,0	570 787,5
5	Майский	2 958,0	11 247,1	8 101,4	261 335,5
6	Центральный	20 301,0	46 993,1	59 700,4	1 066 078,6
7	Западный-Анаконда	24 048,6	55 411,5	68 331,8	1 366 636,0
8	Весёлый	11 833,1	24 448,6	27 039,5	563 322,9
9	Голландский Сыр	6 000,0	14 457,8	14 400,0	334 883,7
10	Камикадзе	2 500,0	18 248,2	17 500,0	416 666,6
11	Геохимический	16 000,0	36 363,6	30 000,0	836 362,8
12	Метрополитен	8 635,7	11 894,9	37 556,9	274 137,9
13	Озёрный	12 922,0	23 929,8	49 110,2	558 070,4
14	Готический	12 416,3	27 050,7	56 239,4	573 871,4
15	Восточный	14 678,3	24 181,7	53 100,1	553 126,0
16	Дальневосточный	5 616,0	14 363,2	19 039,2	328 262,1
17	Камчатка	2 638,0	4 996,2	6 250,7	120 192,3
18	В целом по пещере	185 027,3	401 542,1	567 736,8	9 271 644,5

6. *Плотность пещерных ходов* — G . Представляет собой отношение суммарной длины ходов (L) района к его оконтуренной площади (S_1):

$$G = \frac{L}{S_1} \left(\frac{\text{km}}{\text{km}^2} \right).$$

G является площадным показателем и характеризует как плотность сетей ходов, так и — косвенно — степень закарстования. Показатель малоинформативный, однако, удобный для сравнения решётчато-лабиринтовых пещер в целом или их отдельных районов. Может служить мерой плотности трещинной сети, по которой развились хода. В этих целях измеряются линии, соединяющие пересечения ходов, проводимые по центру хода.

7. *Удельная площадь* — S_u . Представляет собой отношение суммарной площади ходов (S_2) к суммарной их длине (L):

$$S_u = \frac{S_2}{L} \frac{(\text{m}^2)}{(\text{m})}.$$

8. *Удельный объём* — V_u . Представляет собой отношение общего объёма ходов (V_2) к суммарной их длине (L):

$$V_u = \frac{V_2}{L} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}} \right).$$

Показатели S_u и V_u характеризуют величину ходов, а также степень их развития „вширь” и „ввысь”. В целом, служат дополнением к характеристике закарстования района.

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПЕЩЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА

Рассмотрим вариации отмеченных выше показателей по пещерным районам с указанием особенностей и закономерностей применительно как к районам, так и пещерному полю в целом.

1. *Высота ходов*. Варьирует от района к району от 2,2 м (Привходовый) до 7,0 м (Камикадзе), в среднем для пещеры составляя 3,24 м (табл. 2). Наибольшей высотой отличаются хода-щели района Камикадзе (рис. 4-1) по причине незаполненности отложениями, а также хода-коридоры центральной и восточной частей (3,6—4,5 м).

Следует отметить, что при данном показателе речь идёт не об истинной высоте хода, которая в нормальном для Золушки случае его развития от

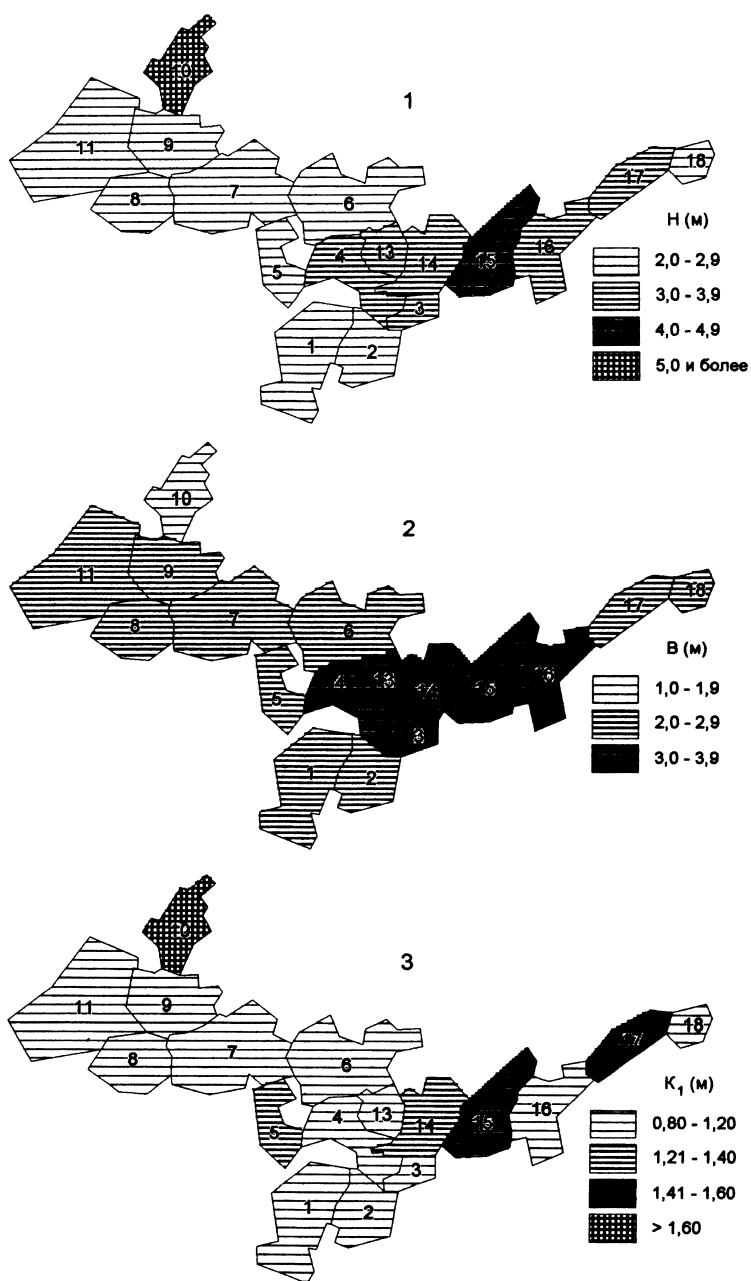


Рис. 4. Дифференциация пещерного поля по морфометрическим показателям высоты (1), ширины ходов (2) и их изометричности (3)

Rys. 4. Zróżnicowanie pola jaskini według morfometrycznych wskaźników wysokości (1), szerokości chodników (2) i ich izometrii (3)

TABELA 4

Первое — не все хода, особенно в периферийных районах пещеры обладают проработанной каньонной частью. На основе наблюдений и личного опыта исследований в Золушке, а также научной интуиции можно принять, что в периферийных районах лишь около 50% ходов спелеореализованы „во весь рост”, а в центральных районах и к востоку — 90%. Эти цифры достаточно осторожны, хотя и весьма условные. Второе обстоятельство — хода книзу (в каньонной части) сужаются. Сужение зависит от размеров хода, его морфологии, изменяется от района к району и т. д., поэтому оценить его очень трудно. Тем не менее, положим, что в каньонной части хода сужены в 5 раз (!), что также является допущением с запасом. Уменьшая, таким образом, площадь района сначала на 50 или 10% (учёт количества реализованных во весь рост ходов), а затем еще в 5 раз (сужение хода в каньонной части) и умножая на мощность заполнителя получаем приблизительные данные о величине (объёме) заполненной части ходов отдельных районов (табл. 3). В целом же для пещеры этот объём составит около 460 000 м³ (без учёта нового района). Цифра эта основывается в большой мере на интуиции автора (специальные исследования были бы очень времязатратны и трудоёмки!), тем не менее, она даёт возможность оценки масштаба как спелеогенеза, так и аккумуляционных процессов в пещере. С учётом приведённой цифры общий объём полостей разведанной части пещеры (без нового района) существенно превышает 1 млн. м³. Как на гипсовую пещеру цифра эта весьма внушительна.

2. *Ширина ходов.* Этот показатель варьирует от района к району в пределах 1,0—3,7 м, в среднем составляя 2,65 (табл. 2). По пространству пещеры он изменяется следующим образом (рис. 4-2): наибольшие значения (3 м и более) имеют хода центральной части пещеры (Черновицких Спелеологов, Перспектив, Метрополитен, Озёрный) и ближней части восточного крыла пещеры (Готический и Восточный). По направлению к периферии она уменьшается до 2—2,5 м, а на северо-западе даже 1—2 м (Голландский Сыр и Камикадзе).

Как уже упоминалось, ширина ходов в целом коррелирует с их морфотипами: в центральной — „ближневосточной” частях, где она превышает 3 м, развиты в основном галереи и коридоры, сменяясь к периферии ходами (в смысле морфотипа) и щелями (Камикадзе).

3. *Коэффициент изометричности.* Из данных таблицы следует, что в сечениях ходов большинства районов пещеры вертикальная составляющая превалирует над горизонтальной ($K_i = 1,0—1,50$, в отдельном случае 7,0). Средний по пещере показатель K_i равен 1,45, т.е. высота ходов в среднем почти наполовину больше, чем их ширина. Из сравнения средней для пещеры высоты (3,24 м) и ширины (2,65 м) ходов также следует, что высота ходов больше их ширины на 0,6 м.

Что касается изменчивости показателя K_i по полю пещеры, то его наибольшие значения наблюдаются в щелевых районах (Камикадзе) или щелевых участках (микрорайонах) отдельных районов (например, северная часть Майского: из-за неё весь район получил повышение показателя, хотя его южная часть — колонный зал — характеризуется преобладанием ширины ходов над их высотой). Повышенной „вертикальностью” ($K_i > 1,20$) отличаются некоторые районы восточного крыла пещеры, особенно Готический (с крупными коридорами) и Дальневосточный (со значительным количеством щелевых ходов) (рис. 4-3). Как уже отмечалось, информативность данного показателя как такового невысока. К тому же, в случае пещеры, степень изометричности ходов является производной от степени их заполнения. Кроме того, само понятие изометричности бессмысленно для ходов сложного морфологического строения, той же „замочной скважины”, например.

4. *Коэффициент площадного закарстования.* В целом коррелирует с показателем средней ширины ходов (рис. 5-1, рис. 4-2). Участки с максимальными значениями тяготеют к центральным районам и Восточному району ($> 60\%$), постепенно уменьшаясь к периферии вплоть до наименьших ($< 20\%$) значений в районе Камикадзе. Следует обратить внимание на определённое несоответствие технического характера. Оно касается района Майского (5 на схеме районирования). Район этот состоит из большого колонного зала (Майский) в южной части и лабиринта высоких узких трещин — в центральной и северной частях. Последние, а также способ расчёта K_s (оконтуривания района) обусловили снижение в целом для района значения K_s до 26%, в то время как в южной части он несомненно выше 60%. Отмеченное обстоятельство (внутрирайонная неоднородность) следует принимать во внимание и при всех других показателях. В случае района Майского нарушен принцип однородности сети при выделении районов пещеры. В будущем, район следует разделить на два самостоятельных района. В среднем по пещере K_s составляет 47,2%. Это значит, что почти половина площади пещерного поля приходится на закарстованную пустотную часть.

5. *Коэффициент объёмного закарстования* варьирует по пещерным районам от 3,1 до 13,7% в среднем составляя 6,65%. Отчётливо проявляется закономерность его уменьшения от центрально-ближневосточных районов (8,0—13,9%) к периферийным (рис. 5-2). Наименьшие значения характерны для крайних западных районов — Камикадзе (4,3), Голландский Сыр (4,3), Весёлого (4,8) и южного — Привходового (4,2). По выше рассмотренным причинам в эту же категорию низких значений попадает район Майский (3,1% в целом, а фактически не более 3% для центральной и северной частей и больше 8% — для южной).

Этот важный показатель существенно занижен, так как рассчитан лишь для свободного объёма пустот без учёта заполненной отложениями части.

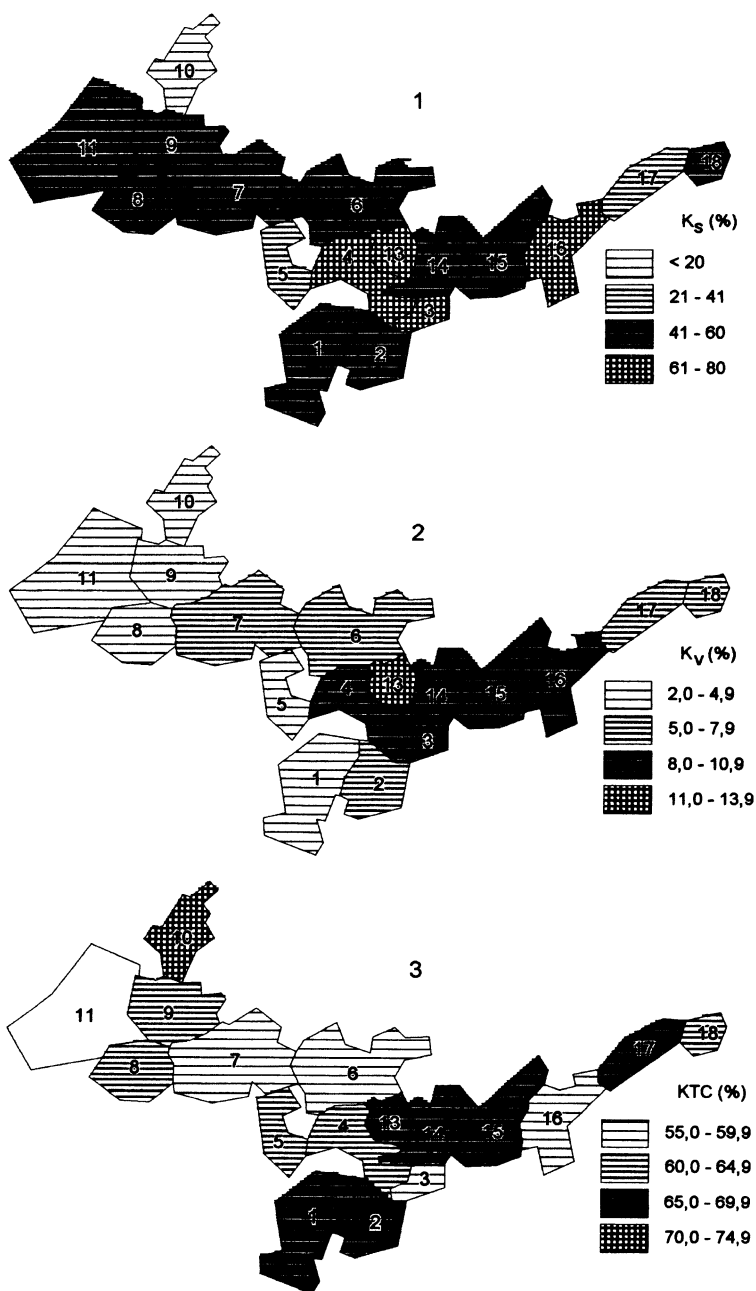


Рис. 5. Дифференциация пещерного поля по показателям площадного (1) и объемного (2) закарстования, а также количеству трехлучевых пересечений (3)

Rys. 5. Zróżnicowanie pola jaskini wg wskaźników stopnia skrasowienia powierzchniowego (1) i objętościowego (2), a także na podstawie liczby przecięć trójosiowych (3)

Если воспользоваться весьма осторожной оценкой объёма отложений в пещере (см. выше), то K_v следует увеличить почти вдвое. Тогда в среднем по пещерному блоку он достигнет 13—14%. Это минимальное значение, которое следует принимать в карстологических оценках, а также практических расчётах (подсчёт запасов и т. д.).

6. *Плотность сети* изменяется по пространству пещеры от 135 до 218 км/км², составляя в среднем 177,4 км. (рис. 6-1). Каких-либо явных закономерностей пространственной изменчивости этого показателя не прослеживается: районы с большей плотностью сети соседствуют с менее плотными. Большей, в т. ч. максимальной, плотностью отличаются средние (по площади) районы с компактной формой и более правильными очертаниями, как например, Весёлый (9), Голландский Сыр (8), Метрополитен (13), Заблудших (2), Камчатка (18). Более крупные, а особенно, вытянутые районы, как, например, Камикадзе (10), Майский (5), Привходовой (1) и Готический (15) обладают наименьшей плотностью сетей. Может быть, учитывая факт очагового разрастания первичных полигональных сетей компактные районы представляют собой околочаговые фрагменты сетей, в которых плотность трещин, учитывая большую длительность развития, была гуще.

7. *Удельная площадь*. Этот показатель хорошо коррелирует с размерами ходов (высота и ширина), а также K_s и K_v . Он дополняет их, ещё раз подчёркивая закономерность уменьшения размерных показателей от центрально-ближневосточной части пещерного лабиринта к его периферии (рис. 6-2). Максимальная площадь пустотного пространства ($> 3 \text{ м}^2$) на погонный метр лабиринта наблюдается в районах — колонных залах и переходных, минимальная ($1 \text{ м}^2/\text{м}$) — в щелевых районах (Камикадзе) и подрайонах.

Удельная площадь, как показатель, может в случае Золушки характеризовать ширину (степень расширения) ходов в верхней части их „замочного” профиля. На рис. 6-2 видно, что S_u превышает $3 \text{ м}^2/\text{м}$ не только в колонных залах (3,4), но и в ближневосточных районах (13—16), отличающихся наибольшими размерами (галереи с овальными сечениями и коридоры). В среднем для пещеры показатель S_u составляет $2,70 \text{ м}^2/\text{м}$.

8. *Удельный объём*. Варьирует по районам пещеры от 4,80 до $16,10 \text{ м}^3/\text{м}$, в среднем составляя $8,55 \text{ м}^3/\text{м}$. Как и предыдущий показатель, V_u даёт неплохое размерное представление и служит показателем объёмности ходов. В данном случае следует помнить также о заполненности примерно половины (по меньшей мере) пустотного пространства пещеры отложениями. Их отсутствие также существенно увеличило бы данный показатель закарстования.

Относительно закономерностей порайонных вариаций показателя в целом отмечается, причём в подчёркнутом виде (рис. 6-3), сосредоточение объёмов в центрально-ближневосточной части пещеры и их постепенное уменьшение к перифериям (в 3—4 раза по показателю V_u).

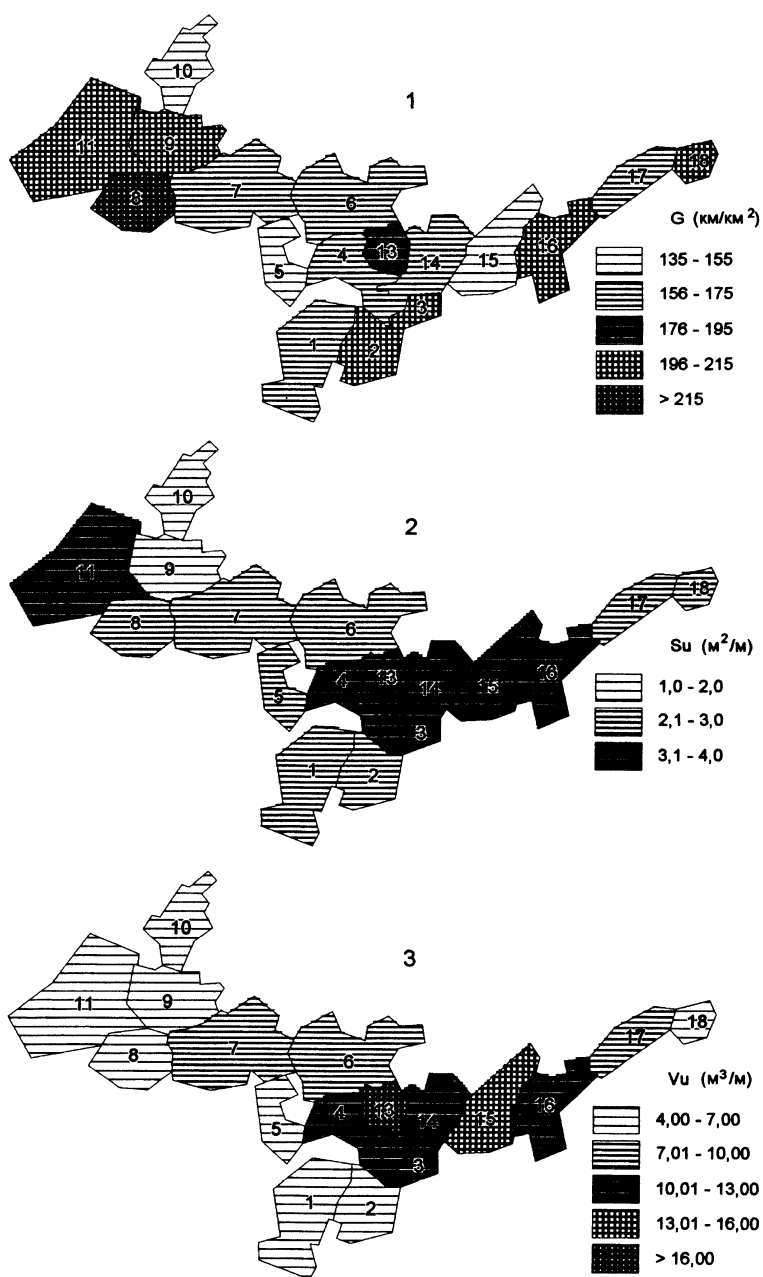


Рис. 6. Дифференциация пещерного поля по показателям плотности ходов (1), удельных площади (2) и объема (3) пещерных районов

Rys. 6. Zróżnicowanie pola jaskini wg wskaźnika gęstości chodników (1), właściwych powierzchni (2) i objętości (3) poszczególnych regionów jaskiniowych

9. *Количество трехлучевых соединений (пещерных ходов) (КТС)*. Этот показатель не относится к размерным, но характеризует степень полигональности (первичности) трещинной сети и, соответственно, ее реализации в спелеогенезе. Данные показателя приведены в таблице, а его порайонные вариации показаны на рис. 5-3.

По пространству пещеры показатель меняет свои значения от 55,7% до 72%. В явном виде какие-либо закономерности прослеживаются слабо. Можно обратить внимание, что меньшие значения КТС характерны для районов — колонных залов (Черновицких Спелеологов, Майский, Перспектив) и переходных (Восточный), развитых по зонам микроблоковых нарушений. Это логично, поскольку в зонах нарушений возрастает доля тектонически-производных четырехлучевых пересечений.

Обобщая данные по пещере в целом можно отметить, что наиважнейшей закономерностью её морфометрической дифференциации является уменьшение значений размерных показателей от центрально-ближневосточной части к окраинным частям пещеры. Прочие, более частные закономерности (связь сетей с очагами формирования первичных трещин, тяготение районов с меньшим КТС к зонам микроблоковых нарушений и другие) имеют, во многом, гипотетический характер и нуждаются в дополнительных доказательствах. Отмеченная главная закономерность указывает на важную функциональную (в гидродинамическом отношении) роль, которую сыграла центрально-ближневосточная часть в спелеогенезе Золушки.

ВЫВОДЫ

Пещерный лабиринт Золушки, равно как и лабиринты «родственных» ей пещер Подолии, а также сетевых пещер других регионов, отличается сложной планово-морфологической структурой. Ее отражением являются морфометрические характеристики сети, и, прежде всего, их порайонные вариации. Морфометрическая дифференциация сети служит важным диагностическим признаком, указывающим на сложность и неоднозначность спелеоморфогенетических предпосылок, в особенности таких как структурная, а также — гидродинамический фактор.

ЛИТЕРАТУРА

- А н д р е й ч у к В.Н., 1986: Некоторые закономерности спелеогенеза на юге Подольско-Буковинской карстовой области. Пещеры. Методика изучения. Пермь, с. 17—24.
- А н д р е й ч у к В.Н., 1988: Тектонический фактор в развитии сульфатного карста Буковины (Подземный карст, развитие карста, устойчивость территории). Свердловск, 50 с.

- Андрейчук В.Н., 1988: Тектонический фактор и особенности сульфатного карста Буковины: Геология, геоморфология и гидрогеология карста. УрО АН СССР, Свердловск, 66 с.
- Андрейчук В.Н., 1991: Образование провалов над пещерой Золушка. Изд-во УрО АН СССР, Свердловск, 51 с.
- Андрейчук В.Н., Коржик В.П., 1984: Пещерная система Золушка. Пещеры. Типы и методы исследования. Межвуз. сб. научн. трудов. Перм. ун-т, Пермь, с. 25—29.
- Климчук А.Б., 1990: Артезианское происхождение крупных лабиринтовых пещер в миоценовых гипсах западных областей Украины. Докл. АН УССР, Сер. Б, Геол., хим. и биол. Науки, 7, с. 28—32.
- Климчук А.Б., Андрейчук В.Н., 1988: Геолого-гидрогеологические условия развития и генезис крупных гипсовых пещер Запада Украины, Пещеры. Пещеры в гипсах и ангидритах: Межвуз. сб. научн. трудов. Перм. ун-т, Пермь, с. 12—25.
- Климчук А.Б., Андрейчук В.Н., Турчинов И.И., 1995: Структурные предпосылки спелеогенеза в гипсах Западной Украины. Украинская спелеологическая Ассоциация, Киев, 104 с.
- Климчук А.Б., Шестопапов В.М., 1990: Крупные лабиринтовые пещеры в гипсах Западной Украины. Спелеогенезис в артезианских условиях. Геол. Журнал, 5, с. 93—104.

Wiaczesław Andrejczuk

CECHY MORFOMETRYCZNE JASKINI ZOŁUSZKA (ZACHODNIA UKRAINA)

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę parametrów morfometrycznych wielkiej jaskini labiryntowej Zołuszka, położonej w zachodniej części Ukrainy. Zaprezentowano jej główne cechy morfologiczne, scharakteryzowano podstawowe wskaźniki morfometryczne jaskini w całości, a także ich zmienność na podstawie wydzielonych regionów. Zwrócono uwagę na związek omówionych cech morfometrycznych poszczególnych regionów jaskini ze strukturalnymi i hydrodynamicznymi warunkowaniami speleomorfogenezy.

Viacheslav Andreychouk

MORPHOMETRIC PECULIARITIES OF ZOLOUSHKA CAVE (WESTERN UKRAINE)

Summary

There are morphometric of large maze cave — Zoloushka (Western Ukraine) analyzed in the article. The main morphological peculiarities of the Cave are shown, the basic morphometric data of the hole Cave as well as their local variations within the limits of the Cave are characterized. The relations of morphometric parameters of different cave areas with structural and hydrodynamic prerequisites of speleomorphogenesis is also marked.